1次元1様構造神経回路網のオートマトン表現について

その他（別言語等）のタイトル	Automata Representation In One-dimensional Nerve Net of Homogeneous Structure
著者	佐野　勝宏，熊谷　幸雄
雑誌名	室蘭工業大学研究報告．理工編
巻	9
号	1
ページ	363-379
発行年	1976-12-18
URL	http://hdl.handle.net/10258/3659

一次元一様構造神経回路網のオートマトン表現について

佐野勝宏・熊谷幸雄

Automata Representation In One-dimensional Nerve Net of Homogeneous Structure

Katsuhiro Sano and Yukio Kumagai

Abstract

This report describes some of the characteristics of One-dimensional Nerve Net of Homogereons Structure. This model has two types of stable states, one of which is the first kind of those ; and, the other, the second kind of those. We show how to construct two types of stable states in transition tables. It is ckear that tables are automata.

ま え が き

近年，生体の情報処理機能や知能的現象を工学的に解明しようとする努力が盛んに行なわれている。生体についての生理学，解剖学，心理学等の数多くの知識にもとづいて，神経回路網に様々な仮定を与えている。これらの仮定の上に立って，神経回路網の機能が詳しく調べられている。これらの応用の考えとして，セル状記憶装置，セル状演算装置，アレー型電子計算機などが上げられる。

甘利[1)]・香田[2)]，新貝[3)]等は，生体における重要な側抑制効果を表わすために，神経回路網に一様構造を仮定し，その動特性を論じている。彼らは，この回路で，リバーベレーションが生ずることを報告している。リバーベレーションという概念は，生体の記憶の様式を解明する１つの手段として考え出されたものであるが，これによって，数多くのより良い結果が得られている。その１つとして，学習におけるリバーベレーションの利用などがある。リバーベレーションを生ずる回路として，いろいろ考えられているが，新貝[3)]は，両端を固定した一次元一様構造神経回路網について，計算機でシミュレーションした結果を報告している。それによると，両端を固定した場合では，素子数に関係なく，得られる最大周期は４であり，それを実現する場合の数は，かなり多いと報告されている。一次元一様構造を考える場合には，両端を固定した場合と，環状にした場合の２つがあるが，環状構造は，著者らの知る限り，まだ報告されていないと思う。したがって，本論文では，一次元の環状構造について考察した。一次元としたのは，最も簡単な構造なので取り扱いが容易であるからである。計算機シミュレーションした

結果，状態変化を記述する状態遷移を作成でき，第一種と第二種の安定状態を実現する条件を求めた。

環状構造については，まだ，その良し悪しの評価できる段階ではないが，一様構造神経回路網の研究に，何らかの形で貢献できるであろう。

本　論

定義１

一次元一様構造神経回路網とは，神経素子 x_i が一次元状に並び，環状になっており（n＋１個の素子があれば，$x_1 = x_{n+1}$），結合様式は，隣接する素子からと自己からであるものをいう。

定義２

神経素子（以後，素子という）x_i の取り得る状態は，１あるいは－１であるとする。１を興奮，－１を興奮していない状態とする。

定義３

回路の状態は，次の２つがある。

①第一種の安定状態：時刻 t でもはや変化しない定常状態

②第二種の安定状態：周期 τ で状態が変化し，又，自己にもどるもの。

定義４

定義１より，隣接する素子の状態と自己の状態，つまり，連続した３素子の真中の素子の状態は，表１である。これを，真理値表と呼ぶ。

F_1 から F_8 が，それぞれ，－１あるいは１を取ることにより，$F_i(i=1,$ ………８）を組み合わせて，$2^7=128$ 通り存在する。ここでは，$F_1=-1$ をする。

表１

x_{i+1}	x_i	x_{i-1}	x_i'
－１	－１	－１	－１あるいは１
－１	－１	１	〃
－１	１	－１	〃
－１	１	１	〃
１	－１	－１	〃
１	－１	１	〃
１	１	－１	〃
１	１	１	〃

定義５

素子数を５としたとき，すべての可能な状態を，表２のように定義する。ここで，‘ν’は‘－１’を表わす。次に，中央の３素子を８進数で表わすと，表３のようになる。

表 2

x_5	x_4	x_3	x_2	x_1	
✓	✓	✓	✓	✓	0
✓	✓	✓	✓	1	1
✓	✓	✓	1	✓	2
✓	✓	✓	1	1	3
✓	✓	1	✓	✓	4
✓	✓	1	✓	1	5
✓	✓	1	1	✓	6
✓	✓	1	1	1	7
✓	1	✓	✓	✓	8
✓	1	✓	✓	1	9
✓	1	✓	1	✓	10
✓	1	✓	1	1	11
✓	1	1	✓	✓	12
✓	1	1	✓	1	13
✓	1	1	1	✓	14
✓	1	1	1	1	15
1	✓	✓	✓	✓	16
1	✓	✓	✓	1	17
1	✓	✓	1	✓	18
1	✓	✓	1	1	19
1	✓	1	✓	✓	20
1	✓	1	✓	1	21
1	✓	1	1	✓	22
1	✓	1	1	1	23
1	1	✓	✓	✓	24
1	1	✓	✓	1	25
1	1	✓	1	✓	26
1	1	✓	1	1	27
1	1	1	✓	✓	28
1	1	1	✓	1	29
1	1	1	1	✓	30
1	1	1	1	1	31

表 3

x_5	s_8	x_1	
✓	0	✓	0
✓	0	1	1
✓	1	✓	2
✓	1	1	3
✓	2	✓	4
✓	2	1	5
✓	3	✓	6
✓	3	1	7
✓	4	✓	8
✓	4	1	9
✓	5	✓	10
✓	5	1	11
✓	6	✓	12
✓	6	1	13
✓	7	✓	14
✓	7	1	15
1	0	✓	16
1	0	1	17
1	1	✓	18
1	1	1	19
1	2	✓	20
1	2	1	21
1	3	✓	22
1	3	1	23
1	4	✓	24
1	4	1	25
1	5	✓	26
1	5	1	27
1	6	✓	28
1	6	1	29
1	7	✓	30
1	7	1	31

表 4

	✓ ✓	✓ 1	1 ✓	1 1
0	s_8'	s_8'	s_8'	s_8'
1	〃	〃	〃	〃
2	〃	〃	〃	〃
3	〃	〃	〃	〃
4	〃	〃	〃	〃
5	〃	〃	〃	〃
6	〃	〃	〃	〃
7	〃	〃	〃	〃

定義6

定義5の表3を次のように考える。両端x_1, x_5は入力と見なすことにより，$x_1 s_8 x_5$（s_8は8進数）は，s_8という状態に入力$x_5 x_1$があることを示す。真理値表が与えられると，$x_5 s_8 x_1$は，$x_5' s_8' x_1'$に遷移する。これを表で表わすと，表4が得られる。この表を，状態遷移表と呼ぶ。

定義7

状態を次のように分類する。

q_0= {✓✓✓✓✓}
(0)

q_1= {✓✓✓✓1, ✓✓✓1✓, ✓✓1　, ✓1✓✓✓, 1✓✓✓✓}
(1) (2) (4) (8) (16)

q_2= {✓✓✓11, ✓✓11✓, ✓11✓✓, 1✓✓✓1, 11✓✓✓}
(3) (6) (12) (17) (24)

q_3= {✓✓1✓1, ✓1✓✓1, ✓1✓1✓, 1✓✓1✓, 1✓1✓✓}
(5) (9) (10) (18) (20)

q_4= {✓✓111, ✓111✓, 1✓✓11, 11✓✓1, 111✓✓}
(7) (14) (19) (25) (28)

q_5= {✓1✓11, ✓11✓1, 1✓1✓1, 1✓11✓, 11✓1✓}
(11) (13) (21) (22) (26)

q_6= {✓1111, 1✓111, 11✓11, 111✓1, 1111✓}
(15) (23) (27) (29) (30)

q_7= {11111}
(31)

q_0からq_7までをそれぞれ，状態集合と呼ぶ。

1．第一種の安定状態について

ある真理値表が与えられて，回路の状態が変わるとき，次の命題が成り立つならば，第一種の安定状態が得られる。

命題1

状態遷移表において，遷移後の状態（8進数）が遷移前の状態（8進数）少なくとも1つであるならば，状態は第一種の安定状態である。逆も成り立つ。

（証明）

遷移前の状態をs_8，遷移後の状態をs'_8とすると，ある入力x x'があったとき，$s_8=s'_8$ということは，xs_8x'と xs'_8x'が等しいことである。これは，もはや，どこにも変化しない，つまり，第一種の安定状態である。

逆に，遷移後の状態が第一種の安定状態ならば，その状態は，$ys_8y'=ys'_8y'$と表現することができる。y とy'が同じであるから，$s_8=s'_8$が得られる。

q. e. d.

ここで，各状態集合q_i（$i=1,\cdots\cdots\cdots 6$）の具体的な作成法を，状態遷移表を用いて，示すと，次の表が得られる。尚，q_0とq_7に関しては，別の命題２で述べている。

命題２

q_i（$i=1,\cdots\cdots\cdots\cdots 6$）のうち，少なくとも１つが状態遷移表において，すべて０あるいは７であり，かつまた，✓０✓は０，あるいは１７１は０ならば，状態は$q_0=0$になる。また，q_iのうち，少なくとも１つが，遷移表ですべて７で，１７１が７であるならば，状態は$q_7=31$になる。各々，逆も成り立つ。

（証明）

状態遷移表でq はすべて０になるとすると，５つの素子$x_1x_2x_3x_4x_5$において，両端を決めると，次の５つの場合が考えられる。

①x_1（$x_2x_3x_4$）x_5　②x_2（$x_3x_4x_5$）x_1　③x_3（$x_4x_5x_1$）x_2　④x_4（$x_5x_1x_2$）x_3

⑤x_5（$x_1x_2x_3$）x_4

この５つの場合で，それぞれ，$x_2x_3x_4$，$x_3x_4x_5$，$x_4x_5x_1$，$x_5x_1x_2$，$x_1x_2x_3$が０になるということは，x_1からx_5までのすべての素子が，－１であるということである。つまり，これは，✓０✓に状態が遷移することである。逆に，０に遷移するならば，上の５つに分けると，それぞれが，０になる。したがって，逆も成り立つ。q_7がすべて，０になるときも，同様に証明される。

以上より，この命題は，成り立つことがわかる。

q. e. d.

表5 q_1

	✓✓	✓1	1✓	11
0		0	0	
1	1			
2	2			
3				
4	4			
5				
6				
7				

表6 q_2

	✓✓	✓1	1✓	11
0				0
1		1		
2				
3	3			
4			4	
5				
6	6			
7				

表7 q_3

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			1	
2		2	2	
3				
4		4		
5	5			
6				
7				

表8 q_4

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				1
2				
3		3		
4				4
5			6	
6				
7	7			

表9 q_5

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				
2				2
3			3	
4				
5		5	5	
6		6		
7				

表10 q_6

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				
2				
3				3
4				
5				5
6				6
7		7	7	

表11 $q_1 \rightarrow q_0$

	✓✓	✓1	1✓	11
0	0	0	0	
1	0			
2	0			
3				
4	0			
5				
6				
7				

表12 $q_2 \rightarrow q_0$

	✓✓	✓1	1✓	11
0	0			0
1				
2		0		
3	0			
4			0	
5				
6	0			
7				

表13 $q_3 \rightarrow q_0$

	✓✓	✓1	1✓	11
0	0			
1			0	
2		0	0	
3				
4		0		
5	0			
6				
7				

表14 $q_4 \to q_0$

	✓✓	✓1	1✓	11
0	0			
1				0
2				
3		0		
4				0
5				
6			0	
7	0			

表15 $q_5 \to q_0$

	✓✓	✓1	1✓	11
0	0			
1				
2				0
3			0	
4				
5		0	0	
6		0		
7				

表17 $q_6 \to q_0$

	✓✓	✓1	1✓	11
0	0			
1				
2				
3				0
4				
5				0
6				0
7		0	0	

表18 $q_3 \to q_7 \to q_0$

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			7	
2		7	7	
3				
4		7		
5	7			
6				
7				0

表19 $q_5 \to q_7 \to q_0$

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				
2				7
3			7	
4				
5		7	7	
6		7		
7				0

表20 $q_3 \to q_7$

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			7	
2		7	7	
3				
4		7		
5	7			
6				
7				7

表21 $q_4 \to q_7$

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				7
2				
3		7		
4				7
5				
6			7	
7	7			7

表22 $q_5 \to q_7$

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				
2				7
3			7	
4				
5		7	7	
6		7		
7				7

表23 $q_6 \to q_7$

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				
2				
3				7
4				
5				7
6				7
7		7	7	7

尚、$q_1 \to q_7$, $q_2 \to q_7$ が実現できないのは回路に条件
✓ⓥ✓→✓を設けたからである。

2．第二種の安定について

第二種の安定状態に関して、次の命題が成り立つ。

命題３

状態遷移表において、おのおのの q_i（$i=1$, ………, 6）がサイクルを形成するように状態が変化するならば，回路には，第二種の安定状態が存在する。逆も成り立つ。

（証明）

５つの素子 $x_1x_2x_3x_4x_5$ において，両端を決めると，命題２で行なったように５つの場合が存在する。

①x_1（$x_2x_3x_4$）x_5　②x_2（$x_3x_4x_5$）x_1　③x_3（$x_4x_5x_1$）x_2　④x_4（$x_5x_1x_2$）x_3
⑤x_5（$x_1x_2x_3$）x_4

この５つにサイクルが形成されるのだから，それは，

$$\begin{array}{ccccc} x_2x_3x_4 & \longrightarrow & x_3x_4x_5 & \longrightarrow & x_4x_5x_1 \\ \nwarrow & & & & \swarrow \\ & x_1x_2x_3 & \longleftarrow & x_5x_1x_2 & \end{array} \qquad (\mathrm{A})$$

である。これを両端を含めた形で考えると

$$\begin{array}{ccccc} ① & \rightarrow & ② & \rightarrow & ③ \\ \nwarrow & & & & \swarrow \\ & ⑤ & \leftarrow & ④ & \end{array}$$

という状態変化を表わしている。したがって、q_i（$i=1$, ………6）のおのおのがサイクルを形成するならば，第二種の安定状態が存在する。

逆に，第二種の安定状態が存在するならば，①から⑤までを考えると,（A）が得られる。したがって，逆も成り立つ。　　　　q, e, d,

次に，具体的に示そう。

表24

	✓✓	✓1	1✓	11
0		1	0	
1	2			
2	4			
3				
4	0			
5				
6				
7				

1 → 2 → 4
↖ 16 ← 8 ↙

F_2（最低，必要）

（F_4， F_6， F_7， F_8が加わる）

F_8が加わる）

表25

	✓✓	✓1	1✓	11
0		0	4	
1	0			
2	1			
3				
4	2			
5				
6				
7				

1 → 16 → 8
↖ 2 ← 4 ↙

F_5

（F_4， F_6， F_7， F_8）

表26

	✓✓	✓1	1✓	11
0				1
1		3		
2				
3	6			
4			0	
5				
6	4			
7				

3 → 6 → 12
↖ 17 ← 24 ↙

F_2， F_4

（F_3， F_6， F_8）

表27

	✓✓	✓1	1✓	11
0				4
1		0		
2				
3	1			
4			6	
5				
6	3			
7				

3 → 17 → 24
↖ 6 ← 12 ↙

F_5， F_7

（F_3， F_6， F_8）

表28

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			2	
2		5	4	
3				
4		1		
5	2			
6				
7				

5 → 10 → 20
↖ 18 ← 9 ↙

F_2， F_6

（F_4， F_7， F_8）

表29

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			4	
2		1	5	
3				
4		2		
5	2			
6				
7				

5 → 18 → 9
↖ 10 ← 20 ↙

F_5， F_6

（F_4， F_7， F_8）

表30

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				6
2				
3		4		
4				7
5				
6			3	
7	1			

7 ←25←14
↖28←19↙

F_2, F_5, F_7

(F_3, F_6)

表31

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				7
2				
3		6		
4				3
5				
6			1	
7	4			

7 →28→19
↖25←14↙

F_2, F_4, F_5

(F_3, F_6)

表32

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				7
2				
3		7		
4				1
5				
6			1	
7	6			

7 →14→28
↖19←25↙

F_2, F_4, F_8

(F_3, F_6)

表33

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				4
2				
3		1		
4				6
5				
6			7	
7	3			

7 →19→25
↖14←28↙

F_5, F_7, F_8

(F_3, F_6)

表34

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				
2				5
3			5	
4				
5		2	6	
6		3		
7				

11→21→26
↖22←13↙

F_6, F_7

(F_2, F_5, F_8)

表35

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				
2				5
3			6	
4				
5		3	2	
6		5		
7				

11→22→13
↖21←26↙

F_6, F_6

(F_2, F_5, F_8)

表36

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				
2				
3				5
4				
5				6
6				7
7		3	7	

15→23→27
↖　　↙
30←29

F_6, F_7, F_8

(F_2, F_3, F_5)

表37

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				
2				
3				7
4				
5				3
6				5
7		7	6	

15→30→29
↖　　↙
23←27

F_4, F_6, F_8

(F_2, F_3, F_5)

表38

	✓✓	✓1	1✓	11
0		1	0	1
1	3	2		
2	6			
3	4			
4	4		0	
5				
6	0			
7				

1 → 3 → 4 →12→16
↑　　　　　　↓
24← 8 ← 6 ← 2 ←17

F_2, F_3

(F_6, F_8)

表39

	✓✓	✓1	1✓	11
0		0	4	4
1	1	0		
2	3			
3	0			
4	6		2	
5				
6	1			
7				

1 →17→ 8 →12
↑　　　　↓
6 ← 4 ←24　2
　　　↑　↓
　　16← 3

F_3, F_5

(F_6, F_8)

表40

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			3	
2		6	2	2
3			2	
4		5		
5	5	5	1	
6		4		
7				

5 →13→ 9 →11
↑　　　　↓
20←22　10
↓　↑　↓
21　18←—26

F_2, F_3, F_4

(F_8)

表41

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			5	
2		2	3	2
3			1	
4		6		
5	5	4	5	
6		2		
7				

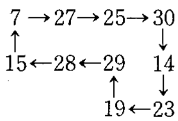
5 →21→20
↑　　↓
13← 9　22
　↑　↓
　11　18
　↑　↓
　10←26

F_3, F_5, F_7

(F_8)

表42

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				6
2				
3		5		1
4				7
5				4
6			7	6
7	3	3	7	

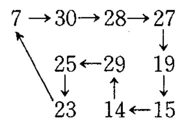


F_2, F_5, F_7, F_8

(F_3)

表43

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				7
2				
3		7		3
4				3
5				1
6			5	4
7	6	7	6	

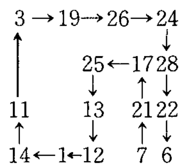


F_2, F_4, F_5, F_8

(F_3)

表44

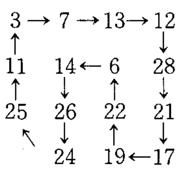
	✓✓	✓1	1✓	11
0				4
1		1		5
2				0
3	3	2	3	
4			6	6
5		1	4	
6	7	6	3	
7	5			



F_4, F_5, F_7

表45

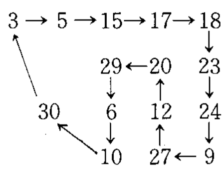
	✓✓	✓1	1✓	11
0				4
1		1		5
2				0
3	3	2	3	
4			6	6
5		1	4	
6	7	6	3	
7	5			



F_2, F_4, F_7

表46

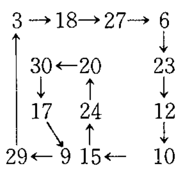
	✓✓	✓1	1✓	11
0				1
1		2	3	
2		7	6	
3	5			4
4		5	4	
5	7			6
6	2			3
7		0	1	



F_2, F_3, F_6, F_7

表47

	✓✓	✓1	1✓	11
0				4
1		1	5	
2		3	7	
3	2			6
4		6	2	
5	7			3
6	5			11
7		4	0	



F_3, F_4, F_5, F_6

表48

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				3
2				5
3		6	7	6
4				5
5		3	6	7
6		7	2	3
7	5	4	1	

```
7 →13→30→19
↑          ↓
|  21←28   22
|  ↓   ↑   ↓
29 27  23  15
↑  ↓   ↑   ↓
26←14  11←25
```

F_2, F_4, F_6, F_7

表49

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				5
2				5
3		2	7	6
4				6
5		3	6	7
6		7	2	3
7	5	4	1	

```
7 →21→27
↑        ↘
|  19←30  14
|  ↓   ↑  ↓
|  26  13 23
| ↙    ↑  ↓
29     25 28
       ↑  ↓
       15←22
```

F_4, F_5, F_6, F_7

表50

	✓✓	✓1	1✓	11
0		1	4	5
1	2	3	6	
2	5	4	1	0
3	6		2	
4	2	3	2	
5	0	1	0	
6	5	4		
7				

```
1 →18→12→26
↑          ↓
21  4 ←22  16
↑   ↓   ↑  ↓
24  10  3  9
↑   ↓   ↑  ↓
5   17  20 6
↑   ↓   ↑  ↓
2 ←11   8 ←13
```

F_2, F_4, F_5 (F_8)

表51

	✓✓	✓1	1✓	11
0		1	4	5
1	2	2	6	
2	5	4	1	0
3	5		1	
4	2	3	6	
5	0	0	4	
6	3	2		
7				

```
1 →18→12→22
↑          ↓
11  8 ←26  2
↑   ↓   ↑  ↓
6   20  17 5
↑   ↓   ↑  ↓
9   3   10 24
↑   ↓   ↑  ↓
16←21   4 ←13
```

F_2, F_5, F_7 (F_8)

表52

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			3	2
2		7	6	7
3		5	4	5
4		5		1
5	7	6	3	2
6		1	4	5
7	2	3	6	

```
5 →15→22→25
↑          ↓
19  20←14  18
↑   ↓   ↑  ↓
13  29  21 23
↑   ↓   ↑  ↓
30  26  27 11
↑   ↓   ↑  ↓
10← 7   9 ←28
```

F_2, F_3, F_6, F_8

表53

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			5	4
2		3	7	7
3		1	4	5
4		6		2
5	7	6	3	2
6		1	5	5
7	2	3	6	

```
5 →23→11→28
↑          ↓
14  9 ←19  10
↑   ↓   ↑  ↓
21  29  13 15
↑   ↓   ↑  ↓
27  26  30 22
↑   ↓   ↑  ↓
18← 7   20←25
```

F_3, F_5, F_6, F_8

表54

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			3	
2		6	2	2
3			1	
4		5		
5	5	4	5	
6		2		
7				

✓ 1 ✓ ✓ 1
↓ ↑
✓ 1 ✓ 1 1

F_2,　F_3,　F_7

（F_8）

表55

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			5	
2		2	3	2
3			2	
4		6		
5	5	5	1	
6		4		
7				

✓ ✓ ✓ 1 ✓　1
↓ ↑
✓ 1 ✓ 1 1

F_3,　F_4,　F_5

（F_8）

表56

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			6	
2		5	5	5
3			4	
4		3		
5	2	2	2	
6		1		
7				

✓ ✓ 1 ✓ 1
↓ ↑
1 1 ✓ 1 ✓

F_2,　F_5,　F_6

（F_8）

表57

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			1	1
2		3	6	
3		2		
4		4		4
5	7			
6			2	
7	5			

✓ ✓ 1 ✓ 1
↓ ↑
✓ ✓ 1 1 1

F_3,　F_4,　F_6,　F_7

表58

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1			7	
2		6	3	
3				2
4		7		
5	5			5
6				2
7		4	1	

1 ✓ ✓ 1 ✓
↓ ↑
1 1 1 1 ✓

F_2,　F_3,　F_4,　F_5,　F_7

表59

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				6
2				7
3		5	4	
4				3
5		6	3	
6		1	5	
7	2			

✓ 1 ✓ 1 1
↓ ↑
1 1 1 ✓ ✓

F_2,　F_3,　F_5,　F_6,　F_8

表60

	✓✓	✓1	1✓	11
0				
1				7
2				
3		6		6
4				7
5				7
6			3	3
7	5	4	1	

1 ✓ ✓ 1 1
1 1 ✓ 1 ✓

F₂, F₄, F₅, F₆

F₇ (F₈)

表61

	✓✓	✓1	1✓	11
0				5
1		3	6	
2		4	1	
3	7			2
4		3	6	
5	0			5
6	7			2
7		4	1	

✓ 1 1 ✓ ✓
1 ✓ ✓ 1 ✓
1 1 1 1 ✓

F_2, F_4, F_5, F_7

表62

	✓✓	✓1	1✓	11
0				5
1		3		
2				7
3	6		6	6
4			2	
5		7	3	3
6	5	5		1
7		4	0	

✓ ✓ ✓ 1 1
1 ✓ 1 1 ✓
1 1 1 ✓ 1

F_2, F_3, F_4, F_5, F_6

表63

	✓✓	✓1	1✓	11
0				5
1		2		
2				7
3	5		5	4
4			6	
5		6	7	6
6	3	3		3
7		0	1	

✓ ✓ ✓ 1 1
1 ✓ 1 ✓ 1
1 1 1 1 ✓

F_2, F_3, F_5, F_6, F_7

一般に，素子数がｎの場合にも，素務数ｎの状態を $x_1 \cdots\cdots x_n$ とすると，$x_1\ (x_2x_3x_4)\ x_5 \cdots\cdots x_n,\ x_1x_2\ (x_3x_4x_5)\ x_6 \cdots\cdots x_n, \cdots\cdots, x_1 \cdots\cdots x_{n-4}\ (x_{n-3}x_{n-2}x_{n-1})\ x_n, \cdots\cdots$ のように両端と中の３素子を考えると，定義６より状態遷移表が作成できる。

命題４

素子数が一般にｎの場合，$n=3\ell+2$（ℓ は正整数）のとき，両端の２素子の間に 3ℓ 個の素子があるが，これを３つの連続した素子の組に分けることができる。この組が，命題３と同じサイクルを ℓ 組作るならば，第二種の安定状態となる。$n=3\ell+1$ のとき，両端の１つを中のものとして重復させ，$n=3\ell$ のときは，両端の２つを中のものとして重復させることによって，$n=3\ell+2$ の場合と同じように第二種の安定状態となる。逆も成り立つ。

（証明）

$n=3\ell+2$ の場合を考えれば十分である。回路の状態は

$$\underbrace{\cdots\cdots\dot{x}_1\overbrace{x_2x_3\underset{\cdot}{x_4}}\underbrace{\dot{x}_5x_6x_7}\underset{\cdot}{x_8}\cdots\cdots}_{3\ell+2}$$

・は両端を示す　　　（A）

x_1, x_5 を両端とすると，$x_2x_3x_4$ が，x_4，x_8 を両端とすると，$x_5x_6x_7$ がサイクルを作るということは，$x_2x_3x_4$，$x_5x_6x_7$ が状態を変化させながらもとにもどることを意味する。そして，この変化が ℓ 組であるから全体の素子で見た場合，もとにもどる。すなわち，第二種の安定状態である。

逆に，第二種の安定状態になるならば，（A）を作ることができるので，３つの連続した素子はサイクルを作る。　q. e. d.

結　　論

本論文では，一次元一様構造神経回路網の基本的性質について考察した。その結果，

１）第一種，第二種の安定状態が回路に存在し，これらを判定する条件が求められた。

２）回路の状態変化を状態遷移表に表わすことができた。これは，この神経回路網がオートマトンとして表現できることを示す。

が得られた。尚，最大周期については，条件を設けない場合は，論文４より，2^n-2 であるが，本論文で条件を設けたために，求めることが非常に難しくなってしまった。新貝では，素子数に無関係に４であるが，環状では，素子数が５のとき，20というように素子数が多くなるにつれて最大周期は大きくなっている。環状では，最大周期を実現する場合は非常に少ないが，新貝の両端を固定した場合では，非常に多いと思われる。したがって，周期を長くしたい場合は環状に，ある周期を実現する考合の数を多くしたい場合は，両端を固定すればよいということ

が理解される。環状構造では，得られた第二種の安定状態は，各状態集合間やそれ自体のみしかないが，両端を固定した場合では，さまざまなタイプのものが出ている。この点は，両端を固定した場合の利点であると思われる。

今回は，主に，第二種の安定状態を生ずる条件について求めたが，これの一つの応用として，ある第二種の安定状態から異なる第二種の安定状態へ変える場合に，真理値表の値の組み合わせを変更すればよいということが得られる。例えば，$F_2=1$のとき，$1\to2\to4$であるが，これを$1\to16\to8$にするためには，$F_2=-1$，$F_5=1$とすればよい。

今後の研究として，近傍数を増したり，素子の消滅，分割などの場合について考える必要がある。本論文は，一様構造神経回路網の研究に，基礎的な資料を与えたいと思う。

（昭和51年５月22日受理）

参考文献

1）甘利俊一，香田徹：一次元一様構造神経素子回路―結合係数が距離とともに単調減少する場合―，信学論（D），56－D，6，P 349－351（昭和 48－06）.

2）香田，甘利：一次元一様構造神経素子回路―信号伝搬速度一定の場合―，信学論（D）56－D a 6，P 357－364（昭和 48－06）.

3）新貝鉚蔵：一次元一様構造閾値素子列の周期構造，信学会オートマトン研資ＡＬ 73－51（1973－10）.

4）佐野勝宏，許田正：神経回路網の基本的性質に関する研究，昭和 50 年度卒業論文.